



ECONOMIC ANALYSIS WORKING PAPER SERIES

Disparidades entre Educación Formal y Educación en el Puesto
de Trabajo



Maite Blázquez, José Ramos

Working Paper 10/2007



DEPARTAMENTO DE ANÁLISIS ECONÓMICO:
TEORÍA ECONÓMICA E HISTORIA ECONÓMICA

Disparidades entre Educación Formal y Educación en el Puesto de Trabajo

Maite Blázquez

Universidad Autónoma de Madrid

Jose Ramos

Universidad Europea de Madrid

10 de junio de 2007

Resumen

El presente trabajo pretende desagregar el capital humano en sus dos componentes principales: la educación formal en la escuela y la formación en el trabajo. Analizando el comportamiento de ambas formas de acumulación de capital humano por separado, se pretende conseguir un mejor conocimiento del comportamiento de los salarios en la economía española.

La investigación viene motivada por el incremento sustancial, especialmente en los países desarrollados, del nivel educativo de la fuerza laboral, de manera que el porcentaje de población activa con niveles de educación superior, ha aumentado considerablemente en dichos países, lo cual ha llevado a plantearnos la necesidad de evaluar la coordinación entre las distintas formas de acumulación de capital humano, ya que entendiendo su distinto comportamiento podemos llegar a entender mejor las diferencias en los niveles de renta.

Clasificación JEL: I20, J21, J24, J30, J31.

Palabras Clave: Disparidades Salariales, Educación Formal, Formación en el puesto de trabajo.

1. Introducción

En las últimas décadas ha aumentado el interés por el crecimiento económico y en particular por comprender mejor los patrones de crecimiento de los países. Este trabajo tiene como punto de partida la literatura de crecimiento endógeno desarrollada entre otros por Lucas (1988), Romer (1986) y Rebelo (1991), y que señalan el capital humano como la herramienta clave para entender los procesos de crecimiento de las economías. El objetivo central es realizar una pequeña aportación al entendimiento de lo que se conoce como *Desarrollo Económico de las Naciones*.

El presente trabajo pretende desagregar el capital humano en sus dos componentes principales: la educación formal en la escuela y la formación en el trabajo. Analizando el comportamiento de ambas formas de acumulación de capital humano por separado, se pretende conseguir un mejor conocimiento de los distintos procesos de crecimiento y desarrollo que se observan dentro de los países más avanzados.

El trabajo viene motivado por algunos hechos empíricos que se han puesto de manifiesto en los últimos años. Por un lado, la existencia de grandes disparidades en los niveles de renta entre países, los cuales no sólo no han convergido, sino que han sufrido un proceso de mayor divergencia. Y en segundo lugar el incremento sustancial, especialmente en los países desarrollados, del nivel educativo de la fuerza laboral, de manera que el porcentaje de población activa con niveles de educación superior, ha aumentado considerablemente en dichos países.

Estas cuestiones llevan a plantearse la necesidad de evaluar la coordinación entre las distintas formas de acumulación de capital humano, ya que entendiendo su distinto comportamiento podemos llegar a entender mejor las diferencias en los niveles de renta. El hecho de considerar dos tipos de capital humano con características distintas, permitirá analizar bajo que circunstancias es mejor una forma de capital humano u otra, en aras de mejorar los niveles de productividad y de renta de la economía.

Este trabajo se estructura en tres partes diferenciadas, que convergen a un objetivo único: entender la relación entre las distintas formas de capital humano y como cada una de ellas determina la productividad de los individuos, y por ende, el nivel renta per capita de los países.

En primer lugar se analizará un modelo de crecimiento endógeno, donde la fuente de endogeneidad es doble, por un lado la educación formal que reciben los trabajadores y por otro lado la cualificación adquirida mediante formación en su puesto de trabajo. Partiendo de que existen dos formas de acumular capital humano el modelo pretende explicar la importancia relativa de ambos elementos en las diferencias de productividad y de renta observadas en los países desarrollados.

En este modelo se asumirá que los agentes deciden su nivel de educación y que las empresas completan esta educación con la formación necesaria para el aprovechamiento eficiente de la tecnología disponible. El objetivo consiste en determinar la proporción óptima entre estas dos formas de acumulación de capital humano. Por un lado, como señala Lucas (1993), la inversión en educación formal es una decisión de los individuos de cómo asignar el tiempo disponible. El nivel de educación adquirido permite a los trabajadores adquirir

un capital humano no-específico que va a constituir un factor determinante de su nivel de productividad. Por otro lado las empresas necesitan formar a sus trabajadores para proporcionarles aquellas cualificaciones, de carácter específico, necesarias para aprovechar, de la manera más eficiente, el nivel tecnológico disponible.

En una segunda parte del trabajo, se utilizarán datos de la economía española para poder estimar el peso que tienen ambos tipos de capital humano a la hora de explicar la producción de los distintos sectores de actividad de nuestra economía. Partiendo de una función de producción tipo *CES*, se analizará el grado de complementariedad entre ambas formas de capital humano, así como de éstas con el stock de capital físico.

La tercer parte del presente trabajo se centra en un análisis micro, donde se utilizarán datos de la Encuesta del Panel de Hogares de la Unión Europea (PHOGUE 1995-2001) para analizar el impacto que tiene la educación recibida por los trabajadores tanto en la escuela, como en su puesto de trabajo, sobre los salarios.

El trabajo se estructura de la siguiente manera. En la Sección 2 se revisarán los trabajos más destacados de la literatura relacionados con el capital humano y su impacto tanto en el crecimiento económico, como en la renta de los individuos. En la Sección 3 se desarrollará un modelo básico de crecimiento endógeno, el cual servirá como referente en la Sección 4 donde se analizará el comportamiento de las distintas formas de capital humano por sectores de actividad. En la Sección 5 se estudiará el papel que juegan ambas formas de capital humano sobre el nivel de renta de los trabajadores utilizando los datos del PHOGUE. Por último en la Sección 6 se extraerán las principales conclusiones del trabajo.

2. Literatura Previa

La literatura que ha servido como referencia en este trabajo puede agruparse en tres grandes bloques. Por un lado aquellos trabajos que han analizado el crecimiento económico y las diferencias de renta entre países, ya sea desde una perspectiva teórica o empírica. En segundo lugar la literatura que ha centrado su análisis en el capital humano y en la influencia que éste ha tenido en los patrones de crecimiento y renta de las economías. Y por último, los trabajos relacionados con el mercado de trabajo, que han estudiado el papel de la educación formal y la formación en el puesto de trabajo en la determinación de las ganancias salariales de los trabajadores.

En primer lugar merecen mención aquellos trabajos que relacionan el capital humano con las fuentes del crecimiento. No obstante, la literatura sobre crecimiento económico y capital humano no sólo se ha preocupado por explicar los patrones de crecimiento de los distintos países y las desigualdades de renta observadas en algunas economías, sino también en cómo estas disparidades han persistido en el tiempo.

Estos primeros trabajos tenían como objetivo analizar los principales determinantes del crecimiento económico, partiendo del supuesto de rendimientos crecientes a escala. Así, Romer (1986) plantea la existencia de externalidades como vehículo para la existencia del equilibrio, ya que son las externalidades las que explicarían la existencia de rendimientos a escala crecientes y por tanto el crecimiento a largo plazo.

Posteriormente Lucas (1988, 1993) establece el capital humano como factor clave que permite explicar el crecimiento de las economías, así como las grandes disparidades de renta. Lucas estudia igualmente la conexión entre capital físico y capital humano, señalando la poca información existente entre la importancia relativa de cada una de las fuentes de acumulación capital humano.

A partir de estos trabajos se ha desarrollado una extensa literatura teórica que ha centrado su análisis en explicar el crecimiento económico de las naciones. Sin embargo, tal y como se ha señalado anteriormente, estos trabajos teóricos también se han preocupado por explicar los patrones de renta y las diferencias de renta entre países e individuos.

Para Tamura (1991) y O’neill (1995) la convergencia en capital humano es la que provoca la convergencia real en renta. Sin esta convergencia en niveles educativos no se puede llegar a una convergencia real en niveles de renta.

Por su parte Restuccia (1997) señala que el modelo de crecimiento neoclásico requiere grandes diferencias en los parámetros de productividad, o distorsiones políticas muy importantes, para explicar las disparidades en la riqueza de las naciones, que en muchos casos no se dan a nivel empírico.

Mientras tanto Klenow & Rodríguez-Clare (1997) señalan que la aplicación de las teorías del crecimiento endógeno a un país aislado no resulta útil para entender las diferencias de crecimiento entre países.

Dentro de este ámbito teórico, una de las contribuciones más destacadas es la de Prescott (1997). Prescott vuelve a resaltar las grandes diferencias en productividad, y por tanto en renta, entre países. Tal y como señala el autor, en línea con lo expuesto por Lucas (1988) y posteriormente por otros autores, la teoría Neoclásica no es capaz de explicar las diferencias de rentas entre países. El autor plantea que el distinto comportamiento de la productividad se debe a las diferencias en la habilidad de los trabajadores ante cambios en las prácticas de trabajo, además de indicar la eficiencia en el uso de la tecnología existente como elemento clave de las diferencias señaladas.

A partir de estos trabajos teóricos surge una literatura que analiza el problema del crecimiento y de los niveles de renta per capita desde una perspectiva empírica. Entre estos trabajos se encuentran los de Mankiw et al. (1992), Parente & Prescott (1993), y más recientemente MacGrattan & Schmitz (1998). En concreto, estos últimos han señalado que el producto interior bruto en Estados Unidos es 30 veces el de un país pobre como Etiopía, y que además los países que más crecen lo hacen a una tasa del 9 % anual, mientras que hace 100 años la tasa máxima era tan sólo del 2 %. La conclusión más relevante del trabajo de MacGrattan & Schmitz, en sintonía con el trabajo de Hall & Jones (1999), es que mientras existe convergencia en los niveles de renta entre los países industrializados hay una clara divergencia de rentas a nivel mundial.

La literatura sobre capital humano se ha ido desarrollando de tal manera que ha dejado de tener un papel secundario, en los trabajos sobre crecimiento económico y disparidades de renta, para convertirse en protagonista de una extensa literatura, que ha centrado su análisis en los niveles educativos y en la relación que guardan éstos con el crecimiento económico y la renta per capita de los países. Este hecho se ha debido a que en las últimas tres décadas se ha producido un incremento importante del nivel educativo de la sociedad,

especialmente en los países desarrollados, tal y como ponen de manifiesto trabajos como los de Nelson & Phelps (1966), Barro & Lee (1993) y Benhabib & Spiegel (1994). En 1966 Nelson & Phelps planteaban que la educación sólo tiene sentido en una economía con cambio tecnológico porque es cuando la productividad marginal de la educación es mayor. Su trabajo se puede condensar en una idea: "*La sociedad deberá construir más capital humano relativo al capital físico, cuanto más dinámica es la economía*".

Más recientemente Helpman & Rangel (1998) desarrollan un modelo donde estudian el papel del capital humano ante la entrada de nuevas tecnologías, señalando que el capital humano específico (*learning by doing*) es menos transferible entre tecnologías que el capital humano adquirido en la escuela o en la empresa, ya que estos dos últimos proveen al trabajador de cualificaciones más generales y fáciles de aplicar ante cambios tecnológicos. Los autores señalan que cuanto mayor es el grado de complejidad de una tecnología, mayor es el nivel de cualificación general requerido para operar con ella eficientemente. Esto explicaría el porqué del importante aumento de los niveles educativos en los países desarrollados, donde el grado de desarrollo tecnológico ha sido tan alto. De lo expuesto se desprenden una conclusión: el *learning by doing* ésta reduciendo su importancia en favor de la educación y la formación en el trabajo.

El trabajo de Barro & Lee (1993) establece una serie de hechos estilizados sobre la educación formal en la escuela. Lo más relevante de su trabajo, al margen de que las tasas de educación primaria y secundaria en los países desarrollados son similares, son las disparidades observadas en los niveles de educación universitaria en estos países. Así mismo Barro & Lee muestran que para los países desarrollados la media de escolarización se ha duplicado entre 1960 y 1985.

Serrano (1996) analiza el papel del capital humano como factor productivo para concluir que la parte de éste adquirida a través del sistema educativo no contribuye por si sola a aumentar la productividad del individuo.

Un trabajo más reciente, en línea con los anteriores, y en sintonía con el trabajo desarrollado en este trabajo, es el de Serrano-Martínez (2003), el cual parte de la idea de que el crecimiento económico entraña un cambio en la estructura sectorial. En este trabajo el autor señala que el capital humano varía según el sector. Entre sus conclusiones destaca que la agricultura es la rama con un menor nivel de cualificación, seguida de la construcción. Por otro lado tanto en la agricultura como en el sector energético, el capital humano no tiene efecto, ni en tasa ni en nivel. Por el contrario, en el sector industrial el capital humano sí afecta de modo significativo al crecimiento industrial tanto en terminos de niveles como tasas de crecimiento. Del trabajo se desprende que la contribución del capital humano al crecimiento se produce mediante su efecto directo sobre la capacidad productiva de la economía, lo que justifica el porqué de introducir las dos fuentes de capital humano.

En lo concerniente a la formación en el trabajo De la Fuente y Da Rocha (1996) identifican dos áreas importantes de mejora. Por un lado prestar mayor atención a la formación técnica y profesional y por otro aumentar los recursos para mejorar la calidad de la formación. En la medida en que la educación incrementa la capacidad de los individuos para procesar información y tomar decisiones, contribuye también ha aumentar su

productividad y su capacidad de aprendizaje.

En sintonía con el trabajo anterior Alan (1993), para el caso de la economía norteamericana, señala la necesidad de reforzar la educación y formación en el trabajo. Observa que existe un cierto grado de desajuste educativo entre individuos con nivel de estudios superiores y que en general la educación adquirida en la escuela tiende a ser complementada por la formación en el puesto de trabajo, de manera que dicha formación servía para mejorar sus cualificaciones y aumentar sus ganancias.

De Mora Castro et al. (2000) analizan el papel del sector público en modelo con capital humano, cuestionando si tiene sentido que el gobierno financie la formación en el puesto de trabajo.

Para Carlstrom & Rollow (1998) la cuestión de partida es si debe el gobierno incrementar la cualificación de sus trabajadores a través de subsidios a la formación. Para los autores las empresas no pueden sustentar la formación dentro de la empresa si hay una alta tasa de abandono.

Previamente Lynch (1993) se había preocupado por observar que las políticas de formación en la empresa en el caso de la economía americana eran las causantes de las menores tasas de crecimiento de Estados Unidos, respecto a Japón y Alemania en la década de los 90. En su aportación respecto a los distintos tipos de capital humano, el autor señala que el papel de la escuela sobre la formación en la empresa varía dependiendo del tipo de de esta última y que además, los individuos que han recibido formación en el puesto de trabajo con anterioridad, están más predispuestos a recibirlo en el futuro.

Por último Lynch et al. (1991) proporcionan evidencia de que existe complementariedad entre educación formal y formación en la empresa.

Los trabajos anteriormente citados estudiaban el capital humano como elemento clave del crecimiento económico. Sin embargo, no conviene olvidar la literatura relacionada con el mercado laboral, y en particular aquellos trabajos que han estudiado el impacto de la educación sobre las ganancias salariales de los trabajadores

Dentro de la literatura clásica destacan los trabajos de Becker (1964) y Mincer (1974) los cuales coinciden en señalar que los salarios aumentan con el stock de capital humano. Bajo este planteamiento la formación específica en el lugar de trabajo aumentará el salario, reduciendo por tanto la probabilidad de abandono por parte de los trabajadores. Si bien es cierto que este premio puede no ser tan alto en la medida en que este tipo de capital humano no es transferible.

3. Modelo

Se parte de un modelo de crecimiento endógeno similar al desarrollado por Lucas (1993) y Prescott (1997) con economía cerrada, sin sector público y sin externalidades. Para simplificar se asume que la población tiene una tasa de crecimiento natural nula ($n = 0$).

Se trata de un modelo de *Equilibrio General* con dos agentes: hogares y empresas. En la economía se produce un único bien que se puede destinar al consumo o a la inversión. Por otro lado, existen tres sectores de actividad. Uno dedicado a la producción del único

bien final; otro dedicado a la producción de educación formal en la escuela; y el tercero dedicado a la producción de formación dentro de la empresa. Se asume que tanto la educación como la formación poseen las mismas características y que se deprecian a la misma tasa δ .

Por un lado el individuo decide cuanto tiempo dedica a educarse, n_s , cuanto tiempo destina a trabajar, n_f , y cuanto a ocio, n_l . Y una vez conocido n_f , la empresa decide cuanto tiempo usa para formar al individuo, n_t , y cuanto destina a producir, n_p .

3.1. Hogares

3.1.1. Utilidad

El individuo vive durante infinitos periodos ($T = \infty$). Este individuo representativo puede considerarse como un hogar que toma la decisión en un horizonte infinito, donde ρ es la tasa de preferencia por el presente.

El nivel de utilidad del hogar en el momento t depende del nivel de consumo (C_t) y de su nivel de Ocio (L_t) :

$$U(C_t, L_t) = \ln(C_t) + \gamma \ln(L_t) \quad (1)$$

donde $U_1 > 0$, $U_2 > 0$ y $U_{ii} < 0$ para $\forall i = 1, 2$.

Se asume N individuos idénticos, y que la masa total de individuos en todo momento t es igual a la unidad:

$$N_t = 1 \quad \forall t \quad (2)$$

Conocido (2), podemos definir (1):

$$U(C_t, L_t) = Nu(c_t, n_{lt}) = u(c_t, n_{lt}) \quad (3)$$

donde c_t es el nivel de consumo per capita.

La restricción temporal del individuo viene dada por:

$$n_{st} + n_{ft} + n_{lt} = 1 \quad \forall t \quad (4)$$

3.1.2. Capital Humano

Se asume que la educación formal incrementa la productividad del individuo tanto directamente (Lucas (1988,1993)), como indirectamente al incrementar el nivel de formación en la empresa (Altonji & Spletzer (1991)).

Se define S_t como el nivel de educación formal del hogar y s_t el correspondiente al individuo. Dado el supuesto (2), $S_t = s_t$. De forma análoga se define T_t como el nivel de formación del hogar y t_t es el nivel individual ($T_t = t_t$).

Los hogares van a realizar una inversión en la escuela (x_t), la cual va a depender del tiempo que destinan a estudiar en la escuela (n_{st}) y del nivel de educación en el momento de realizar la inversión (s_t):

$$x_t = h(n_{st}, s_t) = n_{st}s_t \quad (5)$$

para $H_j > 0, \forall j = 1, 2$.

Tal y como se ha establecido anteriormente, el nivel de educación se deprecia a una tasa constante, lo que implica:

$$\dot{s}_t = X_t - \delta s_t \quad (6)$$

Combinando (5) y (6) se obtiene:

$$\dot{s}_t = [n_{st} - \delta] s_t \quad (7)$$

Por otro lado se asume que la productividad de los trabajadores es una función con rendimientos constantes a escala, que depende de s_t y de t_t :

$$e(s_t, t_t) = s_t^\phi t_t^{1-\phi} \quad (8)$$

donde $0 < \phi < 1$, $\frac{\partial e(s_t, t_t)}{\partial s_t} > 0$, $\frac{\partial e(s_t, t_t)}{\partial t_t} > 0$, $\frac{\partial^2 e(s_t, t_t)}{\partial s_t^2} \leq 0$ y $\frac{\partial^2 e(s_t, t_t)}{\partial t_t^2} \leq 0$.

3.1.3. Restricción Financiera

El individuo representativo tiene dos tipos de rentas: rentas del trabajo y rentas del capital.

Definiendo w_t como el salario por unidad de tiempo, las rentas del trabajo vendrán dadas por:

$$e(s_t, t_t) n_{ft} w_t \quad (9)$$

Por otro lado el individuo puede ahorrar a través de activos financieros ($B_t = b_t$). Se asume que no existen restricciones de liquidez, lo que implica que en Equilibrio: $B = K$, donde K es el stock de capital físico. Estos activos de los que dispone el individuo se acumulan a través de la Inversión (I):

$$\dot{B}_t = I_t \quad \forall t \quad (10)$$

Los activos proporcionarán una rentabilidad al individuo igual a $b_t r_t$, donde r_t es la rentabilidad del mercado de los activos, que coincide con el tipo de interés de mercado.

El nivel de riqueza del individuo se ve afectado por los beneficios de la empresa (Π_t). Asumiendo que los individuos son propietarios de la empresa y que ésta se mueve en un mercado de competencia perfecta y ausencia de barreras de entrada, el nivel de beneficios será igual a cero.

Considerando todos estos elementos, obtenemos la siguiente expresión para la restricción presupuestaria¹:

$$c_t + \dot{b}_t = w_t n_{ft} [s_t^\phi t_t^{1-\phi}] + r b_t \quad (11)$$

¹Xala-i-Martin (1994)

3.1.4. Problema de Maximización del Individuo Representativo

El problema de maximización, en términos per capita, de un individuo representativo viene dado por:

$$\begin{aligned}
& \underset{\{c_t, n_{st}, n_{ft}, s_t, b_t\}}{\text{Max}} \int_0^{\infty} e^{-\rho t} [\ln(c_t) + \gamma \ln(n_{lt})] dt \\
& \text{s.a. } \dot{b}_t = w_t \left[s_t^{\phi} t_t^{1-\phi} \right] n_{ft} + r_t b_t - c_t \\
& \quad n_{lt} = 1 - n_{st} - n_{ft} \\
& \quad \dot{s}_t = [n_{st} s_t] - \delta s_t \\
& \quad s(0) > 0, b(0) > 0 \quad \text{dados} \\
& \quad t_t, r_t, w_t > 0 \quad \text{dados} \\
& \quad \lim_{t \rightarrow \infty} \left\{ b_t e^{\left[- \int_0^t r(v) dv \right]} \right\} \geq 0
\end{aligned} \tag{12}$$

Definiendo el vector de variables estado como: $\mathbb{Z} = (s_t, b_t)$ y el vector de variables control como $\mathbb{C} = (c_t, n_{st}, n_{ft})$, se resuelve el problema (12)² llegando a las ecuaciones:

$$\frac{1 - n_{st} - n_{ft}}{\mu c_t} = \frac{1}{w_t \left[s_t^{\phi} t_t^{1-\phi} \right]} \tag{13}$$

$$\frac{\dot{c}_t}{c_t} = r_t - \rho \tag{14}$$

$$\frac{\lambda_{1t}}{\lambda_{2t}} = \frac{s_t}{w_t \left[s_t^{\phi} t_t^{1-\phi} \right]} \tag{15}$$

donde (13) representa el ratio de utilidades marginales entre ocio y consumo, (14) la senda de crecimiento del capital per capita en equilibrio (la cual va a ser constante) y (15) el ratio de los multiplicadores dinámicos.³

3.2. Empresa

3.2.1. Formación en la Empresa

En primer lugar la empresa debe decidir el nivel de formación del que proveer al individuo para conseguir el uso más eficiente de la tecnología disponible. Se asume que esta formación depende del nivel educativo del individuo, ya que este último influye tanto

²Ver Anexo 1.

³ λ_{1t} es el multiplicador asociado a los activos y λ_{2t} el multiplicador asociado a la educación.

en la velocidad de adquisición de la formación (como señalan Einarsson y Marquis (1999)) como en la cantidad de formación (tal y como han señalado entre otros Altonji & Spletzer (1991)).

Conocido n_{ft} , la empresas distribuyen este tiempo de la forma siguiente:

$$n_{ft} = n_{tt} + n_{pt} \quad \forall t \quad (16)$$

Se asume que la empresa soporta todos los costes de formación, de manera que paga un salario por el tiempo total que destina el trabajador a la empresa (n_{ft}), a pesar de que el tiempo productivo es sólo una parte de ese tiempo total (n_{pt}).⁴

Se define z_t como la inversión que realiza la empresa en formación, la cual va a ser función del nivel de educación (s_t), del tiempo dedicado a formación (n_{tt}) y del nivel de esta última en el momento (t_t):

$$z_t = g(n_{tt}, t_t, s_t) \quad (17)$$

donde se asume que $\frac{\partial g(n_{tt}, t_t, s_t)}{\partial n_{tt}} > 0$, $\frac{\partial g(n_{tt}, t_t, s_t)}{\partial t_t} > 0$ y $\frac{\partial g(n_{tt}, t_t, s_t)}{\partial s_t} > 0$.

La ecuación dinámica que determina la acumulación de formación vendrá dada por la expresión:

$$\dot{t}_t = z_t - \delta t_t \quad (18)$$

Combinando (17) y (18) se obtiene:

$$\dot{t}_t = g(n_{tt}, t_t, s_t) - \delta t_t \quad (19)$$

Por último se define $H^S (= s_t n_{pt})$ como las unidades efectivas de educación en la producción, y $H^T (= t_t n_{pt})$ como las unidades efectivas de formación en la producción.

3.2.2. Problema de la Empresa

La empresa maximiza una función de beneficios intertemporal, actualizando al tipo de interés de mercado r_t .

El stock de capital físico se deprecia a una tasa constante δ_K . De acuerdo con el trabajo de Xala-i-Martin (1994), los propietarios del capital son los hogares, los cuales alquilan cada una unidad de capital a las empresas a un precio R_t . Dado que el rendimiento de los activos (B_t) debe ser igual al rendimiento del capital (K_t), es claro que: $r_t = R_t - \delta_K$.

La función de beneficios de la empresa representativa vendrá dada por la expresión:

$$\Pi_t = F(A_t, K_t, H_t^S, H_t^T) - (r_t + \delta_K) K_t - w_t n_{ft} \quad (20)$$

donde A_t es el stock de tecnología.

⁴No obstante, tal y como han puesto de manifiesto algunos autores, entre otros Carlstrom & Rollow (1988), decir que es la empresa la que sustenta el coste de la formación es inadecuado, ya que con el tiempo son los trabajadores los que devuelven el préstamo recibiendo un salario inferior a su productividad marginal.

Por otro lado se asume que la función de producción queda representada como:

$$Y_t = F(A_t, K_t, H_t^S, H_t^T) = A_t F(K_t, H_t^S, H_t^T) \quad (21)$$

siendo una función homogénea de grado uno, con productividad marginal de los factores positiva pero decreciente y que satisface las condiciones de Inada.⁵

Se asume una forma funcional de la función de producción definida en (21), en concreto una función *CES* dentro de una *CES*:

$$Y_t = F(A_t, K_t, H_t^S, H_t^T) = A_t \left\{ \mu \left[K_t^\psi + (H_t^T)^\psi \right]^{\sigma/\psi} + (H_t^S)^\sigma \right\}^{1/\sigma} \quad (22)$$

donde σ va a determinar la elasticidad de sustitución entre el capital físico y la educación, así como entre esta última y la formación en el puesto de trabajo. Por su parte ψ va a determinar la elasticidad de sustitución entre el stock de capital físico y el nivel de formación dentro de la empresa.

Para simplificar se asume que la tecnología no cambia, es decir $A_t = A \forall t$.

El problema de maximización de la empresa representativa viene dado por:

$$\begin{aligned} & \underset{\{K_t, n_{pt}, n_{tt}, t_t\}}{\text{Max}} \int_0^\infty e^{-rt} [F(A, K_t, H_t^S, H_t^T) - (r_t + \delta_K) K_t - w_t n_{ft}] dt \\ & \text{s.a.} \quad F(A_t, K_t, H_t^S, H_t^T) = A \left\{ \mu \left[K_t^\psi + (H_t^T)^\psi \right]^{\sigma/\psi} + (H_t^S)^\sigma \right\}^{1/\sigma} \\ & \quad \dot{t}_t = g(n_{tt}, t_t, s_t) - \delta t_t \\ & \quad n_{ft} = n_{tt} + n_{pt} \\ & \quad t(0) > 0 \quad \text{dado} \\ & \quad w_t, s_t, n_{ft} > 0 \quad \text{dados} \end{aligned} \quad (23)$$

donde la variable estado es t_t y el vector de variables control viene definido por $\mathbb{N} = (K_t, n_{pt}, n_{tt})$. Para completar el problema se impone la condición de vaciado de mercado:

$$C_t + I_t = Y_t = F(A, K_t, H_t^S, H_t^T) \quad (24)$$

⁵Las condiciones de Inada tal como Xala-i-Martin (1994) muestra en la página 47 requieren para el capital:

$$\begin{aligned} \lim_{K \rightarrow \infty} \frac{\partial F(A, K, H^S, H^T)}{\partial K} &= 0 \\ \lim_{K \rightarrow 0} \frac{\partial F(A, K, H^S, H^T)}{\partial K} &= \infty \end{aligned}$$

y así para cada uno de los factores de producción H^S y H^T .

Resolviendo (23)⁶ se obtiene:

$$\frac{\partial F(A, K_t, H_t^S, H_t^T)}{\partial K_t} = (r_t + \delta_K) \quad (25)$$

$$\frac{\partial F(A, K_t, H_t^S, H_t^T)}{\partial H_t^T} t_t + \frac{\partial F(A, K_t, H_t^S, H_t^T)}{\partial H_t^S} s_t = w_t \quad (26)$$

La ecuación (25) representa la condición clásica bajo la cual la productividad marginal del capital es igual a la suma del coste del factor capital (r) y la depreciación del mismo (δ_K).

A partir de (26) pueden obtenerse las siguientes conclusiones. Por un lado, para un nivel de formación dado, cuanto mayor sea el nivel de educación de un trabajador mayor será el salario por hora de equilibrio. Por otro lado, dado el nivel de educación, cuanto mayor es la formación que reciben los trabajadores en su puesto de trabajo, mayor es el salario por hora que perciben en equilibrio.

En la siguiente sección se estima la función de producción (22), para contrastar si se cumple que la complementariedad del capital físico (K) es mayor con las unidades efectivas de formación (H^T) que con las unidades efectivas de educación en la escuela (H^S). De igual modo, estimando la función de producción podremos ver el peso que tiene cada una de las fuentes de capital humano en el nivel de producción de la economía.

4. Complementariedad entre las Distintas Fuentes de Crecimiento: Capital Físico y Capital Humano

A la hora analizar las fuentes de crecimiento económico de una economía, es importante conocer el grado de complementariedad entre capital físico y capital humano. Dicha complementariedad puede variar entre los distintos sectores de actividad de una economía, de manera que las políticas económicas dirigidas a incentivar el crecimiento del país, deberán ser específicas de cada sector.

Serrano-Martínez (2003) analiza para la economía española como el capital humano varía entre los distintos sectores de actividad, si bien no distingue entre sus distintas fuentes, ni entra a valorar el grado de complementariedad de este con el capital físico.

Siguiendo la línea de este trabajo, en esta sección estudia se estudia la relación entre las distintas formas de capital utilizando datos de sectores de actividad de la economía española. Para la consecución de este objetivo se utilizan datos del BBVA y Bancaja, para el año 1993.⁷

Antes de comenzar el análisis de los datos, es conveniente introducir una serie de conceptos.

⁶Ver Anexo 2.

⁷Definición de variables Anexo 3.

En primer lugar definimos la elasticidad de sustitución entre las dos formas de acumulación de capital humano como ε_{HS,H^T} , que coincide con la elasticidad de sustitución entre la educación y el capital físico, $\varepsilon_{HS,K}$:⁸

$$\varepsilon_{HS,H^T} = \varepsilon_{HS,K} = \left[\frac{1}{1 - \sigma} \right] \quad (27)$$

y la elasticidad de sustitución entre el capital físico y formación en la empresa como:⁹

$$\varepsilon_{H^T,K} = \left[\frac{1}{1 - \psi} \right] \quad (28)$$

En segundo lugar, se puede definir el “skill premium” (Γ) como el cociente entre la productividad marginal de la educación formal y la productividad marginal de la formación en el puesto de trabajo. Utilizando (22) es fácil de comprobar que Γ queda expresado como:¹⁰

$$\Gamma = \frac{1}{\mu} \left[K_t^\psi + (H_t^T)^\psi \right]^{1-(\sigma/\psi)} \left[\frac{[H_t^T]^{1-\psi}}{[H_t^S]^{1-\sigma}} \right] \quad (29)$$

Tomando (29), se puede ver el efecto que tiene un incremento del capital físico en Γ :

$$\frac{\partial \Gamma}{\partial K} = \frac{1}{\mu} (\psi - \sigma) \left[K_t^\psi + (H_t^T)^\psi \right]^{-(\sigma/\psi)} \left[\frac{[H_t^T]^{1-\psi}}{[H_t^S]^{1-\sigma}} \right] \quad (30)$$

Proposición 1: *Un incremento del stock de capital físico provoca un aumento (disminución) de la productividad marginal de la educación en la escuela respecto a la productividad marginal de la formación siempre que $\psi > \sigma$ ($\psi < \sigma$), para valores de $\psi, \sigma > 0$.*

4.1. Análisis Descriptivo

Siguiendo otros estudios previos (como el de Serrano-Martínez (2003)) se consideran cinco sectores de actividad:

La Tabla 1 muestra que el sector con mayor capitalización es el sector servicios, seguido de la industria. Por contra el menos capitalizado es la construcción, incluso menos que la agricultura.

Como puede observarse, el sector servicios presenta los mayores niveles tanto de educación en la escuela como formación en el lugar de trabajo. Por el contrario, encontramos los niveles más bajos de capital humano en el sector energético.

⁸Ver Anexo 6.

⁹Ver Anexo 7.

¹⁰Ver Anexo 8.

Sectores	K	H^S	H^T	$\left(\frac{H^T}{H^S}\right)$
Agricultura	$2,408E + 11$	$1,531E + 04$	$5,857E + 02$	0,038
Construcción	$5,019E + 10$	$2,715E + 04$	$1,535E + 03$	0,057
Energía	$3,973E + 11$	$4,177E + 03$	$4,088E + 03$	0,979
Industria	$6,844E + 11$	$7,650E + 04$	$9,922E + 03$	0,130
Servicios	$4,122E + 12$	$1,877E + 05$	$2,308E + 04$	0,123

Tabla 1: Factores de Producción. Millones de pesetas constantes. 1993 (Base 1986)

Resulta importante señalar que el peso de la formación en el puesto de trabajo con respecto a la adquirida en la escuela, es significativamente mayor en el sector de la energía.

Analizando las correlaciones entre los distintos factores de producción para cada uno de los sectores de actividad, puede observarse que en la mayoría de los casos la correlación entre capital físico y educación formal es mayor que la correspondiente a capital físico y formación en la empresa, lo que sugiere un mayor grado de complementariedad entre capital físico y educación.¹¹

No obstante para corroborar si esto último es cierto, resulta necesario estimar los parámetros del modelo, y más concretamente la elasticidad de sustitución entre el capital físico y las distintas formas de capital humano.

4.2. Estimaciones por Sectores de Actividad

En esta sección se utiliza el método de mínimos cuadrados no lineales para estimar la función de producción (22).¹² La Tabla 2 muestra los resultados obtenidos.

	Agricultura	Construcción	Energía	Industria	Servicios
A	77,181	$2,410E - 05$	$6,240E - 05$	$1,380E - 05$	87,804
μ	$6,700E - 05$	1,403	2,062	1,340	$1,100E - 04$
ψ	0,273	0,609	0,330	0,130	1,359
σ	2,017	0,070	0,110	0,066	1,576

Tabla 2: Estimación de parámetros por Sector de Actividad

De la Tabla 2 se desprende que el factor tecnológico es mayor en el sector servicios que en el resto de sectores.

Como puede observarse $\psi > \sigma$ en los sectores construcción, energía e industria. Por tanto, y de acuerdo con la Proposición 1, en estos sectores un aumento del capital físico conducirá a un incremento relativo de la productividad marginal de la educación con respecto a la formación en el puesto de trabajo. Por el contrario en la agricultura y

¹¹Ver Anexo 4.

¹²Ver Anexo 5.

servicios encontramos que $\psi < \sigma$, de manera que el aumento del nivel de capital físico provocaría una disminución relativa de la productividad marginal de la educación con respecto a la formación en el puesto de trabajo.

Conocido (27) y (28) y a partir de los valores de ψ y σ dados en la Tabla 2, podemos obtener las correspondientes elasticidades de sustitución:

	Agricultura	Construcción	Energía	Industria	Servicios
ε_{H^S, H^T}	-0,983	1,075	1,124	1,071	-1,736
$\varepsilon_{H^S, K}$	-0,983	1,075	1,124	1,071	-1,736
$\varepsilon_{H^T, K}$	1,375	2,557	1,492	1,149	-2,785

Tabla 3: Elasticidades de Sustitución

De acuerdo con la Tabla 3, tanto en el sector agrícola como en el sector servicios, la elasticidad de sustitución entre la educación en la escuela y la formación en el trabajo es negativa, lo que implica que existe una alta grado sustitutibilidad entre estas dos formas de capital humano. En el resto de los sectores esta elasticidad resulta positiva, lo que nos indica que estas dos formas de capital humano son complementarias, siendo este grado de complementariedad mayor en el sector energético. Podemos observar una situación idéntica con relación a la elasticidad de sustitución entre capital físico y educación en la escuela.

Por otro lado, la elasticidad de sustitución entre capital físico y formación sólo resulta negativa en el sector servicios. Además, como puede observarse para los sectores construcción, energía e industria, el grado de complementariedad entre capital físico y formación en el trabajo es mayor que el correspondiente al capital físico y a la educación en la escuela.

Por último es importante señalar que en el sector servicios, que por otro lado es el que presenta los mayores niveles de capital físico, todas las elasticidades presentan valores negativos, indicando que todas las formas de capital son sustitutivas entre sí.

5. Capital Humano y Salarios: Un Estudio Basado en el Panel de Hogares

El objeto de esta sección es ver el peso de la educación en la escuela y la formación en el puesto de trabajo en la determinación de los salarios.

Para ello se utilizan datos españoles extraídos del Panel de Hogares Europeo (PHOGUE, 1995-2001). Se selecciona una muestra de individuos con edades comprendidas entre 16 y 64 años, que trabajan como asalariados. Estimamos un modelo de regresión donde la variable dependiente es el logaritmo del salario bruto por hora y donde se incluyen como variables explicativas tanto características individuales como características del puesto de trabajo.¹³ Los resultados aparecen reflejados en la Tabla 4.

¹³Ver Anexo 9 para la definición de las variables utilizadas.

	Coeficientes	t
Hombre	0,186	19,99
<i>Edad</i>		
16-24		
25-39	0,224	17,76
40-54	0,382	26,41
55-64	0,376	19,97
<i>Educación</i>		
Primaria		
Secundaria	0,1	10,24
Terciaria	0,19	15,63
Formación	0,108	14,68
Contrato temporal	-0,136	-14,93
Empleo parcial	0,217	13,01
<i>Tipo de empresa</i>		
Sector público	0,189	16,77
Sect. Privado (<50 empleados)		
Sect. Privado (50-500 empleados)	0,15	15,33
Sect. Privado (>500 empleados)	0,254	17,13
<i>Duración en el empleo</i>		
< 1 año		
1-3 años	0,044	4,81
3-5 años	0,062	5,16
> 5 años	0,162	14,57
<i>Ocupación</i>		
O1		
O2	0,015	0,46
O3	-0,261	-7,92
O4	-0,36	-10,96
O5	-0,478	-14,4
O6	-0,622	-14,02
O7	-0,462	-13,92
O8	-0,471	-13,97
O9	-0,559	-16,88
<i>Sector de actividad</i>		
Agricultura	-0,104	-4,24
Industria	0,085	8,04
Servicios		
Constante	6,614	185,73
N	23805	

Tabla 4: Ecuación de Salarios para el Total Sectores (1995-2001). Modelo de Regresión con Errores Estándar Robustos

Como se desprende de los resultados de la Tabla 4, las dos formas de capital humano (educación en la escuela y formación) afectan de manera positiva y significativa las ganancias salariales de los trabajadores.

En lo concerniente a la educación formal y tomando como referencia el nivel de estudios primario, se observa que el tener educación terciaria aumenta las ganancias salariales en un 19 %. Por su parte los individuos que reciben formación por parte de la empresa, ven incrementar su salario bruto un 10 % con respecto a aquellos individuos que no reciben esta formación.

Estos resultados están en línea con lo analizado en la Sección 3, donde veíamos como el salario de equilibrio de individuo representativo venía determinado por su nivel de educación y su formación en el puesto de trabajo (ver ecuación (26)).

Respecto al efecto del resto de variables incluidas en el análisis, los resultados son similares a los obtenidos por trabajos previos en la literatura. Por un lado las mujeres y los jóvenes tienen unas ganancias salariales significativamente menores. Respecto al tipo de contrato y tamaño de la empresa, destacar que los trabajadores temporales tienen menores ganancias salariales. Así mismo los trabajadores en empresas grandes son los que obtienen ganancias salariales mayores. La duración del empleo también es un resultado predecible, aquellos individuos que más tiempo han permanecido en su puesto de trabajo perciben salarios mayores. Por último, en lo que concierne al sector de actividad, los trabajadores del sector industrial perciben mayores salarios que los del sector servicios, mientras que en la agricultura los salarios son menores que en este último.

6. Conclusiones

El objetivo de este trabajo se ha centrado, por un lado, en analizar el papel de las distintas fuentes de capital humano (educación en la escuela y formación en el puesto de trabajo) como motores del crecimiento económico y, por otro, en observar el efecto de estos factores en la determinación de los salarios de los trabajadores.

En lo que se refiere al primer aspecto, los resultados obtenidos a partir de los datos de la economía española revelan que existen diferencias sectoriales significativas. Así, mientras que en el sector agrícola y en el sector servicios la educación en la escuela y la formación en el trabajo aparecen como factores con un alto grado de sustitución, en el resto de sectores (construcción, energía e industria) estas formas de capital humano tienen un carácter complementario. Una situación similar se observa en la relación entre el capital físico y educación en la escuela.

Cómo otros resultados interesantes podemos señalar los siguientes: por un lado, en los sectores construcción, energía e industria el grado de complementariedad entre capital físico y formación en el trabajo es mayor que el correspondiente al capital físico y a la educación en la escuela. Y por otro lado, en el sector servicios se encuentra que todos los factores productivos son sustitutivos.

Con respecto al segundo punto, el efecto de la educación y la formación en el trabajo, sobre las estimaciones de la ecuación de salarios a partir de los datos del Panel de Hogares (1995-2001) para la economía española, corroboran el efecto positivo de ambas formas de acumulación de capital humano sobre la determinación de salarios.

Referencias

- [1] Acemoglu, D. and J.-S. Pischke (1996), "Why do firms train? Theory and evidence", NBER Working Paper 5605.
- [2] Alan, E. (1993), "Job-Related education and training: their impact on Earnings", *Monthly Labor Review* 116, 21-38
- [3] Altonji, J. G. and Spletzer, J. R. (1991), "Worker characteristics, job characteristics, and the receipt of on-the-job training", *Industrial and Labor Relations Review* 45, 58-79.
- [4] Barro, R.J. and J.-W. Lee (1993), "International comparisons of educational attainment", *Journal of Monetary Economics* 32, 363-394.
- [5] Barro, R.J. and X. Sala-i-Martin (1995), *Economic Growth* (McGraw-Hill, New York).
- [6] Bartel, A. and F. Lichtenberg (1987), "The comparative advantage of educated workers in implementing new technology", *Review of Economics and Statistics* 69(1), 1-11.
- [7] Baumol W.J. (1989), "Reflections on Modern Economics: Review", *Cambridge Journal of Economics*, Oxford University Press 13(2), 353-358.
- [8] Benhabib J. and M.M. Spiegel (1994), "The role of human capital in economic development. Evidence from aggregate cross-country data", *Journal of Monetary Economics* 34, 143-173.
- [9] Bishop, J.A., Formby, J.P. and Zeager L.A. (1994), "Evaluating a Neglected Dimension of Economic Development: Morality, Risk aversion and Uncertainty", *International Review of Economics and Finance* 3(2), 133-151.
- [10] Chiu, W.H. (1998), "Income inequality, human capital accumulation and economic performance", *The Economic Journal* 108, 44-59.
- [11] De la Fuente y Da Rocha (1996), *Capital Humano y Crecimiento Económico. Evidencia Empírica y situación española en relación a la OCDE. Moneda y Crédito* 203, 43-84.
- [12] De Mora Castro, C., Carnoy, M. and Wolff, L. (2000) "Secondary Schools and the transition to work in Latin America and de Caribbean", Sustainable Development Department, Inter-american Development Bank, Technical Paper Series, .
- [13] Duncan, G. and Hoffman, S.D. (1981), "The incidence and wage effects of overeducation", *Economics of Education Review* 1(1), 75-86.
- [14] Hall, R.E. and C.I. Jones (1999), "Why do some countries produce so much more output per worker than others?" *The Quarterly Journal of Economics* 114 (1), 83-116.
- [15] Helpman, E. and A. Rangel (1998), "Adjusting to a new technology: Experience and training", Mimeo, Department of Economic, Stanford University.

- [16] Klenow, P.J. and A. Rodriguez-Clare (1997), "Economic Growth: A review essay", *Journal of Monetary Economics* 40, 597-617.
- [17] Kyriacou, G. (1991), "Level and Growth Effects of Human Capital: A Cross-country study of the convergence Hypothesis", C.V. Starr Working Paper No. 91-26.
- [18] Landau, D. (1983), "Government Expenditure and Economic Growth: A cross-country study", *Southern Economic Journal* 49(3), 783-792.
- [19] Landau (1986), "Government and Economic Growth in the Less Developed Countries: An empirical study from 1960-1980", *Economic Development and Cultural Change* 35(1), 35-75.
- [20] Serrano-Martínez, L. (2003), "Human Capital Externalities: A sectorial-Regional Application for Spain", Economic Working Paper at Centro de Estudios Andaluces No. E2003/06.
- [21] Lucas, R.E., Jr. (1988), "On the mechanics of economic development", *Journal of Monetary Economics* 22, 3-42.
- [22] Lucas, R.E., Jr. (1993), "Making a miracle", *Econometrica* 61(2), 251-272.
- [23] Lynch, L.M. (1993), "The Economics of youth training in the United States", *The Economic Journal* Vol.103 No. 420, 1292-1302.
- [24] Mankiw, N.G., D.Romer and D.N. Weil (1992), "A contribution to the empirics of economic growth", *Quarterly Journal of Economics* 107, 407-437.
- [25] McGrattan, E.R. and J.A. Schmitz, Jr., (1998), "Explaining Cross-Country Income Differences", Federal Reserve Bank of Minneapolis, Research Department, Staff Report 250.
- [26] Nelson, R. and E. Phelps (1966), "Investment in humans, technological diffusion, and economic growth", *American Economic Review* 56(2), 69-75.
- [27] O'Neill, D. (1995), "Education and income growth: Implications for cross-country inequality", *Journal of Political Economy* 103(6), 1289-1301.
- [28] Parente, S.L. and E.C. Prescott (1993), "Changes in the wealth of nations", *Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly Review* 17, 3-16.
- [29] Parente, S.L. and E.C. Prescott (1994), "Barriers to technology adoption and development", *Journal of Political Economy* 102, 298-321.
- [30] Prescott, E.C. (1997), "Needed: A theory of total factor productivity", Federal Reserve Bank of Minneapolis, Research Department, Staff Report 242.
- [31] Psacharopoulos, G. (1996), "Economics of education: A research Agenda", *Economics of Education Review* 15(4), 339-344.
- [32] Rebelo, S. (1991), "The Long-run analysis and long-run growth", *Journal of Political Economy* 99, 500-521.

- [33] Restuccia, D. (1997), "Technology adoption and Schooling: Amplifier income effects of policies across countries", Mimeo, Department of Economic, University of Minnesota.
- [34] Romer, R.M. (1986), "Increasing returns and long-run growth", *Journal of Political Economy* 94(5), 1002-1037.
- [35] Romer, P.M. (1990), "Endogenous technological change", *Journal of Political Economy*, 98(2), 71-102.
- [36] Serrano, G., López-Bazo, E. and Garcia, J.R. (2002), "Complementary between human capital and trade in regional technological progress", Universitat de Barcelona. Espai de Recerca en Economia. Working Papers in Economics No.83.
- [37] Solow, R.M. (1956), ".^A contribution to the theory of economic growth", *Quarterly Journal of Economics* 70, 65-94.
- [38] Summers, R. and Heston (1991), "The penn World Table (Mark 5): An expanded set of international comparisons, 1950 1988", *Quarterly Journal of Economics* 106, 327-368.
- [39] Tamura, R. (1991), "Income convergence in an endogenous growth model", *Journal of Political Economy* 99(3), 522-540.
- [40] Veum, J.R., (1995) "Sources of training and their impact on wages", *Industrial and Labor Relations Review* 48(4), 812-826.

Anexos

Anexo 1

Se resuelve el problema (12) de los hogares planteando el Hamiltoniano:

$$\begin{aligned} H(c_t, n_{st}, n_{ft}, b_t, s_t; \lambda_{1t}, \lambda_{2t}) = \\ e^{-\rho t} [\ln(c_t) + \gamma \ln(1 - n_{st} - n_{ft})] + \\ + \lambda_{1t} \left[w_t s_t^\phi t_t^{1-\phi} n_{ft} + r_t b_t - c_t \right] + \lambda_{2t} [n_{st} s_t] - \delta s_t - \delta_s s_t \end{aligned} \quad (31)$$

donde λ_{1t} y λ_{2t} son los multiplicadores dinámicos asociados a cada una de las restricciones dinámicas.

Calculando las condiciones de primer orden se obtienen las siguientes expresiones:

$$\frac{\partial H(c_t, n_{st}, n_{ft}, b_t, s_t; \lambda_{1t}, \lambda_{2t})}{\partial c_t} = 0 \implies e^{-\rho t} \left[\frac{1}{c_t} \right] - \lambda_{1t} = 0 \quad (32)$$

$$\frac{\partial H(c_t, n_{st}, n_{ft}, b_t, s_t; \lambda_{1t}, \lambda_{2t})}{\partial n_{st}} = 0 \implies -e^{-\rho t} \left[\frac{\gamma}{1 - n_{st} - n_{ft}} \right] + \lambda_{2t} [s_t] = 0 \quad (33)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial H(c_t, n_{st}, n_{ft}, b_t, s_t; \lambda_{1t}, \lambda_{2t})}{\partial n_{ft}} = 0 \implies \\ -e^{-\rho t} \left[\frac{\mu}{1 - n_{st} - n_{ft}} \right] + \lambda_{1t} \left[w_t \left[s_t^\phi t_t^{1-\phi} \right] \right] = 0 \end{aligned} \quad (34)$$

$$\frac{\partial H(c_t, n_{st}, n_{ft}, b_t, s_t; \lambda_{1t}, \lambda_{2t})}{\partial b_t} = -\dot{\lambda}_{1t} \implies \lambda_{1t} [r_t] = -\dot{\lambda}_{1t} \quad (35)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial H(c_t, n_{st}, n_{ft}, b_t, s_t; \lambda_{1t}, \lambda_{2t})}{\partial s_t} = -\dot{\lambda}_{2t} \implies \\ \lambda_{1t} \left[w_t n_{ft} \left[\phi \frac{t_t^{1-\phi}}{s_t^{1-\phi}} \right] \right] + \lambda_{2t} [n_{st} - \delta] = -\dot{\lambda}_{2t} \end{aligned} \quad (36)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} b_t \lambda_{1t} = 0 \quad (37)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} s_t \lambda_{2t} = 0 \quad (38)$$

Combinando la condición (32) y (33) se obtiene (13). Así mismo de la ecuación (32) junto con la (35) se obtiene (14).

Por otro lado tomando (33) y (34) se deriva la expresión (15).

Anexo 2

Tomando el problema en (23), se plantea el hamiltoniano:

$$H(K_t, n_{pt}, n_{tt}, t_t; \lambda_{1t}) = e^{-rt} \left[A \left\{ \mu \left[K_t^\psi + (H_t^T)^\psi \right]^{\sigma/\psi} + (H_t^S)^\sigma \right\}^{1/\sigma} \right] - e^{-rt} [(r_t + \delta_K) K_t + w_t [n_{tt} + n_{pt}] + p_{1t} [g(n_{tt}, t_t, s_t) - \delta_h t_t]] \quad (39)$$

donde p_{1t} es el multiplicador dinámico asociado a la ecuación de acumulación de formación.

Se calculan las condiciones de primer orden:

$$\frac{\partial H(K_t, n_{pt}, n_{tt}, t_t; \lambda_{1t})}{\partial K_t} = 0 \implies e^{-rt} \left[\frac{\partial F(A, K_t, H_t^S, H_t^T)}{\partial K_t} - (r_t + \delta_K) \right] = 0 \quad (40)$$

$$\frac{\partial H(K_t, n_{pt}, n_{tt}, t_t; \lambda_{1t})}{\partial n_{pt}} = 0 \implies e^{-rt} \left[\frac{\partial F(A_t, K_t, H_t^S, H_t^T)}{\partial H_t^T} t_t + \frac{\partial F(A_t, K_t, H_t^S, H_t^T)}{\partial H_t^S} s_t - w_t \right] = 0 \quad (41)$$

$$\frac{\partial H(K_t, n_{pt}, n_{tt}, t_t; \lambda_{1t})}{\partial n_{tt}} = 0 \implies -e^{-rt} [w] + p_{1t} \left[\frac{\partial g(n_{tt}, t_t, s_t)}{\partial n_{tt}} \right] = 0 \quad (42)$$

$$\frac{\partial H(K_t, n_{pt}, n_{tt}, t_t; \lambda_{1t})}{\partial t_t} = -\dot{p}_{1t} \implies e^{-rt} \left[\frac{\partial F(A, K_t, H_t^S, H_t^T)}{\partial H_t^T} n_{pt} \right] + p_{1t} \left[\frac{\partial g(n_{tt}, t_t, s_t)}{\partial t_t} - \delta_h \right] = -\dot{p}_{1t} \quad (43)$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} t_t p_{1t} = 0 \quad (44)$$

Anexo 3

- Variable de producción (VAB) , producción de una determinada comunidad autónoma en 1993 a precios constantes de 1986.

- Stock de capital neto privado (K) a precios constantes 1986.

- Educación formal en la escuela (H^S): numero de individuos con al menos ecuación secundaria.

- Formación en el trabajo (H^T): numero de individuos que han recibido formación en el trabajo. (Se calcula el porcentaje por sector y comunidad y luego se aplica el porcentaje al total de asalariados).

Anexo 4

	VAB	H^S	H^T	K
VAB	1,00	0,870	-0,064	0,816
H^S	0,870	1,000	-0,126	0,900
H^T	-0,064	-0,126	1,000	-0,163
K	0,816	0,900	-0,163	1,000

Tabla 5: Correlaciones. Sector Agrícola

	VAB	H^S	H^T	K
VAB	1,000	0,982	0,269	0,957
H^S	0,982	1,000	0,346	0,974
H^T	0,269	0,346	1,000	0,468
K	0,957	0,974	0,468	1,000

Tabla 6: Correlaciones. Sector de la Construcción

	VAB	H^S	H^T	K
VAB	1,000	0,855	0,400	0,972
H^S	0,855	1,000	0,445	0,784
H^T	0,400	0,445	1,000	0,235
K	0,972	0,784	0,235	1,000

Tabla 7: Correlaciones. Sector de la Energía

	VAB	H^S	H^T	K
VAB	1,000	0,996	0,821	0,984
H^S	0,996	1,000	0,804	0,968
H^T	0,821	0,804	1,000	0,819
K	0,984	0,968	0,819	1,000

Tabla 8: Correlaciones. Sector de la Industria

	VAB	H^S	H^T	K
VAB	1,000	0,992	0,856	0,945
H^S	0,992	1,000	0,863	0,955
H^T	0,856	0,863	1,000	0,952
K	0,945	0,955	0,952	1,000

Tabla 9: Correlaciones. Sector de la Servicios

Anexo 5

Dada la función $y_i = h(x_i, \beta) + \varepsilon_i$, el procedimiento de mínimos cuadrados no lineales, consiste en determinar el valor del vector de parámetros β que mínimice:

$$S(\beta) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (\varepsilon_i)^2 = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n [y_i - h(x_i, \beta)]^2$$

Aplicando el algoritmo de *Marquardt*, se calcula la derivada con respecto a cada parámetro, se hace un pequeño cambio en los parámetros y evaluamos el cambio (cuando es necesario se aplica el método de *Ridge Regression* para resolver problemas de colinealidad).

El proceso de estimación parte de los siguientes valores iniciales: $A = 100$, $\mu = 1$, $\rho = 0,25$ y $\sigma = 1$.

Anexo 6

Se define la elasticidad de sustitución entre educación y formación como:

$$\varepsilon_{H^S, H^T} = \left[\frac{\partial \left(\frac{dH^S}{dH^T} \right) \frac{H^S}{H^T}}{\partial \left(\frac{H^S}{H^T} \right) \left(\frac{dH^S}{dH^T} \right)} \right]^{-1} \quad (45)$$

y tomando nuevamente (22) obtengo (27).

De forma análoga la elasticidad de sustitución entre el capital físico y la educación formal en la escuela será:

$$\varepsilon_{H^S, K} = \left[\frac{\partial \left(\frac{dH^S}{dK} \right) \frac{H^S}{K}}{\partial \left(\frac{H^S}{K} \right) \left(\frac{dH^S}{dK} \right)} \right]^{-1} \quad (46)$$

donde $\left[\frac{dH^S}{dK}\right]$ no es más que la pendiente de la curva isocuanta, para un valor fijado de H^T . Tomando la ecuación (22) se obtiene (27).

Anexo 7

De forma análoga a como se ha definido la elasticidad de sustitución en (45) y (46) se demuestra (28).

Anexo 8

Definido:

$$\Gamma = \frac{\frac{\partial F(A_t, K_t, H_t^S, H_t^T)}{\partial H_t^S}}{\frac{\partial F(A_t, K_t, H_t^S, H_t^T)}{\partial H_t^T}} \quad (47)$$

Se calcula la productividad marginal de cada una de las formas de acumular capital humano. Usando (22) se obtiene:

$$\frac{\partial F(A_t, K_t, H_t^S, H_t^T)}{\partial H_t^S} = A_t \left\{ \mu, \left[K_t^\psi + (H_t^T)^\psi \right]^{\sigma/\psi} + (H_t^S)^\sigma \right\}^{(1/\sigma)-1} [H_t^S]^{\sigma-1} \quad (48)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial F(A_t, K_t, H_t^S, H_t^T)}{\partial H_t^T} = \\ & A_t \mu \left\{ \mu, \left[K_t^\psi + (H_t^T)^\psi \right]^{\sigma/\psi} + (H_t^S)^\sigma \right\}^{(1/\sigma)-1} \left[K_t^\psi + (H_t^T)^\psi \right]^{(\sigma/\psi)-1} [H_t^T]^{\psi-1} \end{aligned} \quad (49)$$

habiendo definido Γ en (47) y tomando (48) y (49), obtengo (29).

Anexo 9

Descripción de las Variables	
Hombre	= 1 si el individuo es hombre
<i>Edad</i>	
16-24	= 1 si el individuo tiene una edad comprendida entre 16-24 años
25-39	= 1 si el individuo tiene una edad comprendida entre 25-39 años
40-54	= 1 si el individuo tiene una edad comprendida entre 40-54 años
55-64	= 1 si el individuo tiene una edad comprendida entre 55-64 años
<i>Educación</i>	
Primaria	= 1 si el individuo ha completado la educación primaria
Secundaria	= 1 si el individuo ha completado la educación secundaria
Terciaria	= 1 si el individuo ha completado la educación terciaria
Formación	= 1 si el individuo recibe formación dentro de la empresa
Contrato temporal	= 1 si el individuo tienen un contrato laboral temporal
Empleo parcial	= 1 si el individuo tiene un contrato a tiempo parcial
<i>Tipo de empresa</i>	
Sector público	= 1 si el individuo trabaja en el sector público
Sect. Privado (<50 empleados)	= 1 si el individuo trabaja en una empresa privada con <50 trabajadores
Sect. Privado (50-500 empleados)	= 1 si el individuo trabaja en una empresa privada con 50-500 trabajadores
Sect. Privado (>500 empleados)	= 1 si el individuo trabaja en una empresa privada con >500 trabajadores
<i>Duración en el empleo</i>	
< 1 año	= 1 si el individuo lleva en el empleo actual <1 año
1-3 años	= 1 si el individuo lleva en el empleo actual 1-3 años
3-5 años	= 1 si el individuo lleva en el empleo actual 3-5 años
> 5 años	= 1 si el individuo lleva en el empleo actual >10 años
<i>Ocupación</i>	
O1	= 1 si Dirección de las empresas y de las administraciones públicas
O2	= 1 si Técnicos y profesionales científicos e intelectuales
O3	= 1 si Técnicos y profesionales de apoyo
O4	= 1 si Empleados de tipo administrativo
O5	= 1 Trabajadores de los servicios de restauración, personales, protección y vendedores de comercios
O6	= 1 Trabajadores cualificados en la agricultura y en la pesca
O7	= 1 Artesanos y trabajadores cualificados de las industrias manufactureras, la construcción, y la minería, excepto los operadores
O8	= 1 Operadores de instalaciones y maquinaria, y montadores
O9	= 1 Trabajadores no cualificados
<i>Sector de actividad</i>	
Agricultura	= 1 si el individuo trabaja en el sector agrícola
Industria	= 1 si el individuo trabaja en el sector industrial
Servicios	= 1 si el individuo trabaja en el sector servicios